塑膠布溫室環控系統之研究

陳 加 忠
台灣省農業試驗所農工系副研究員

摘 要

在此研究中開發適用塑膠布溫室之環控系統。此系統包含感測系統，控制設備與邏輯控制器，溫、濕度與日照量量訊號傳送至此控制器並與設定值加以比較。控制器之邏輯控制策略係由溫室微氣候模式發展而成。經比較判斷後，控制器輸出適切訊號以指揮控制設備。長期性能測試結果顯示所控制溫度值與設定值其平均差異值於2℃之內。溫室內日照量能維持穩定狀態。長期使用下無異常故障。單一之控制設備可用以執行特殊之環控需求。

Development of Environmental Control System for Plastic Greenhouse

Summary

An environmental control system for plastic greenhouse was developed. The system consists of the sensing system, control equipments and logical control device. The values of tem-

perature, relative humidity and solar intensity were transmitted to the control device and compared with the setting valaes. The control stragety of the logical control device was developed by the greenhouse microclimate model. The logical control circuit device send the adequate signals to commend the control equipments. From the long-term performance test, the average deviations between control values and setting values of temperature was within 2 ℃ . The solar intensity within greenhouse could keep a stable condition. No serious damages have happened for the control system. Individual control device can execute the specifical control work.

一、前　言

台灣地區住於亞熱帶，終年氣溫炎熱，雨量充沛，本來適合各種作物之生長，但是由於不良逆境之存在如夏季強日射能，暴雨、強風、颱風，各地區漫長雨季與冬日偶至之寒流，造成作物之損害與產量不穩定。爲求生產品質的提昇，農業設施之應用乃是必要，而溫室即爲設施生產中主要的應用設備。

溫室依荷蘭溫室施工國家標準手冊之定義，包括三項基本條件：1.由透光材料組成，2.具有屋頂與牆壁，3.人員能於內部作業。而溫室使用之主要目的在於提供作物良好的生長環境，因此溫室必須裝設種種控制設備與控制系統，才能依據業者需要加以內控制內部環境，因此溫室環境控制爲溫室生產中基礎之設備。

國內作物生產之應用設施以塑膠布溫室爲主，爲克服國內特殊之不良環境，適用的塑膠布溫室必須能遮蔭，防雨、防風與保溫，因此其結構以開放型爲主，也必須有密閉之功能。

國外之溫室環控設備已有多年之研究，並已商品化應用於其溫室

生產。國內在溫室環控之研究方始於起步階段。此研究之目的在於針對國內所慣用之塑膠布溫室，利用已完成之感測系統與溫室環境模式之研究，開發製造環控系統，並執行耐久試驗，以評估其環控能力。

二、 文獻探討

歐洲之溫室環控研究與應用已有多年，其溫室結構因使用地區而不同。在北方如德國、荷蘭、英國與北歐諸國等因平均氣溫低，日照弱，其溫室之結構以氣密良好之玻璃溫室爲主。在升溫方面，利用溫室效應與熱水管加熱。又因終年溫度低，如荷蘭之夏天平均溫度爲18℃，最高溫度爲22℃，因此利用自然通風即可減少熱累積之要求。在環控方面，主要的環控設備在於熱水管的升溫與天窗之開啓（陳, 1992e ）。有關之環控研究即在於此兩種環控設備之控制性能，例如以機電裝置執行控制（Davis, 1984）。近年來微電腦之利用日益普及，其在環控之應用方面也有多人研究（Matthew et al, 1986; Milanuk et al, 1987; Saffel and Marshall, 1983; Willitis et al, 1980a , 1980b ）結合電腦對資料之貯存，運算能力，並配合環境模式進行溫室環控已是目前玻璃溫室最常利用之技術（ Giacomelli, 1991; Hopper, 1986a, 1986b,1987, 1988; Tantau, 1985a）。 在以數學模式結合控制原理之應用技術也已有完善之研究（ Tantau, 1985b; Udink Ten Cate; 1986)。在未來之應用方面，主要的方向在於結合專家系統於環控策略進行控制作業 (Jacobson et al, 1989) ，並研究以作物反應爲依據執行環控（Stanghellini et al, 1992）。

在歐洲南部地中海沿岸地區，因其夏季之高溫高濕氣候，其溫室以高架屋頂，四周開放之塑膠布溫室爲主，（Feuilloley et al, 1990; Verlodt et al, 1990）其環控設備主要係應用單片控制電腦爲主控設備（陳，1991b）。

日本在1987年的統計資料顯示其溫室栽培面積約43,000公頃，其中玻璃溫室約佔4%左右，其餘96%爲塑膠布溫室。在溫室發展中，由於其塑膠業工業的迅速發展，其溫室材料與結構均已規格化，連棟溫室之間有良好排水槽，以避免雨水流入之問題。在通風系統方面，天窗、側窗均可裝置開啓機構，在側面有捲起裝置，共同配合進行自然通風作業，在加溫方面，爲節省能源，除了利用雙重塑膠布或自動遮簾裝置設備，更研究地熱交換系統，配合熱泵技術以進行環境內溫、濕度調整。在成本考慮因子下，利用離峰用電之電力，配合蓄冰裝置以進行降溫工作。日本溫室環控之特點在於複合環境控制等略之研究與應用，其控制依據在於考慮作物生長之生理需求，而各環境因子之設定範圍區分爲四階段：1.制呼吸作用期，2.促進光合作用期，3.加速光合作用期，4.流轉促進期。控制設定點之決定氣象因子爲：1.溫度，濕度，2.日照強度之上下限，3.累積日照量等（施設園藝協會，1988)。

近年來之研究重點在於結合定量之系統工程與定性之專家資料庫共同執行環控作業（Kozai, 1985）。

國內有關溫室環控之研究已有多年，主要之研究對象皆以玻璃溫爲主。例如台糖公司由自荷蘭進口精密溫室，而轉至自立發展蝴蝶蘭溫室（ 黃, 1991）。台南改良場之研究係以國內自建之溫室爲本體，利由個人電腦爲控制主體進行環控試驗（鄭, 1992）。桃園改良場以日本式溫室爲研究對象，探討遮蔭，通風等環控設備對溫室內微氣候影響（游等, 1992）。爲森林林業用溫室之環控需要，台大森林系亦提出條件序控系統之相關研究（梁與郭, 1991）。在環控設備的利用中，由於本省高濕之氣候，使水牆（Fan and Pad ）之利用效率不高，因此也有應用除濕系統於溫室環控之探討(林, 1991; 高與唐,1992)。有關溫室環控之感測系統，台糖研究所（黃, 1991）與台大森林系（梁

與郭，1991）曾有自行研究開發之報導。

完整之環控研究除了感測與環控設備之介紹，更應包括控制系統與控制策略，在環控性能方面，控制結果與預定目標之離差分佈，控制設備之持久特性均需要加以測定(Hooper, 1987, 1988)。然而在國內有關之溫室環控研究方面，均未有環控策略與環控性能之完整報導，此外在應用個人電腦方面，僅有進行資料收集之功能（黃，1991；鄭，1992），其作業方式類似數據收集器（Date Acquisition）之功能，僅有監視功能（Monitoring function）而未有控制功能(Control function）。因此適用國內環境之溫室環控設備有自行開發研究之必要。

三、材料與方法

完整的環控系統應包括四大研究項目：

A、溫室結構與環控設備

B、感測系統

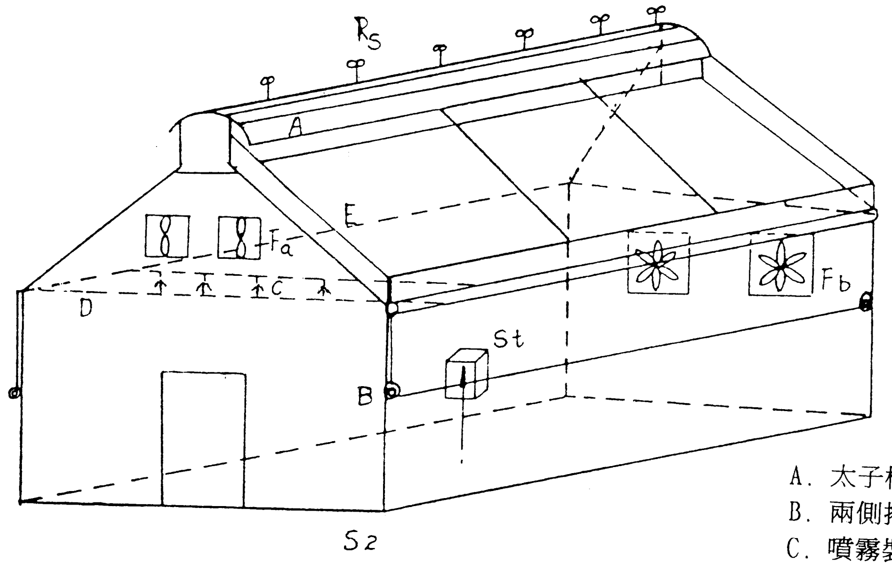
C、環控模式

D、控制系統與控制策略

此研究所開發之控制系統依序介紹如下：

(一)溫室結構與環控設備

環控性能試驗用的塑膠布溫室爲山型屋頂，骨架爲鐵材，底部有混凝土地基。屋頂係開放型之太子樓頂，保持於開啓狀態。其覆蓋材料爲ＰＶＣ單層塑膠布，透光率約 45 %。兩側牆壁爲捲揚式，可以以馬達操作其塑膠布昇降。機械通風作業具有大風扇兩具，小風扇四具，以進行不同風量之環控性能研究。此山型屋頂溫室示意圖如圖一。



A. 太子樓屋頂
B. 兩側捲起裝置
C. 噴霧裝置
D. 內遮蔭
E. 外遮蔭
Fa：小風扇
Fb：大風扇
Rs：屋頂洒水
St：溫，濕度計
S2：日照計

圖一 山型屋頂溫室

Fig. 1. The Gable roof greenhouse.

屋頂外爲50％遮蔭之遮蔭網，與屋頂斜面平行，溫室內部有50％遮蔭網與地面平行，遮蔭網皆可利用馬達操作。

溫室地面爲碎石地面，地表上放置盆栽觀葉作物，占地面面積40％。

溫室長度12m，寬6m，高度2.8m，屋頂斜度23.4，屋頂與四壁總面積260 m²，體積250m。

溫室內部裝置噴霧用噴頭，利用噴霧機產生細霧以進行蒸發冷卻，噴霧作業爲間隔式，其作業與中斷時間均可調整。屋頂另設洒水裝置。

㈡感測系統

此環控系統之感測部份包括大氣溫度，相對濕度，日射強度，溫室內部溫，濕度，日射強度。感測器裝設位置如圖一所示。內候之量測位置在溫室內部中心點高度1.2 m處。感測器皆具有覆蓋（Shield device）設備以避免陽光直射引起之誤差。

溫度感測元件為 RTD PT－100，誤差±0.1℃。濕度感測元件為電容式 Rotronic Hygrometer C－83－N，經校正後誤差為1.0％。溫度，濕度之輸出訊號為 0－1 V，校正方式如同陳氏等（1990）之研究。

日照能量之量測元件為光二極體 INS－TARI型。輸出訊號為0 ～2V，準確性±20 W／m²，此型感測計之開發與校正已有詳細探討（陳等，1992d）。

㈢環控模式之應用

環境模式之研究目的在於由已知溫室本身結構，材料等物性條件下，由外界環境條件（大氣溫度、濕度、日照量等）與溫室環控設備的動作情況，得以預測內部溫、濕度與日照量值。在模式的驗証研究（陳等，1992b，1992c，1992d ）結果，溫度預測準確性約±2℃，濕度預測準確性約±6％RH。此環境模式之研究結果在溫室環控設備的開發利用，主要的應用有兩類：決定環控能力與環控策略。

環控能力係指環控設備對溫室內微氣候的控制局限，以溫室內溫度之控制為例，各環控設備的控制局限說明如下（陳等，1990b）

A.充份遮蔭之開放型溫室：

因無溫室效應，最佳狀況可低於外界大氣溫室1.0 ℃左右。

B.通風

在良好機械通風下，內部氣溫與大氣溫度相同。

C.蒸發冷卻

所能降溫之極限介於大氣乾球與濕球溫度之間，無法低於濕球溫度，其降溫能力受到降溫設備之機械效率所影響，以國內氣候條件，降溫效果約：

(A)利用噴霧設備，可低於大氣溫度2～4℃。

(B)利用水牆（Fan and Pad)，可低於大氣溫度5～7℃。

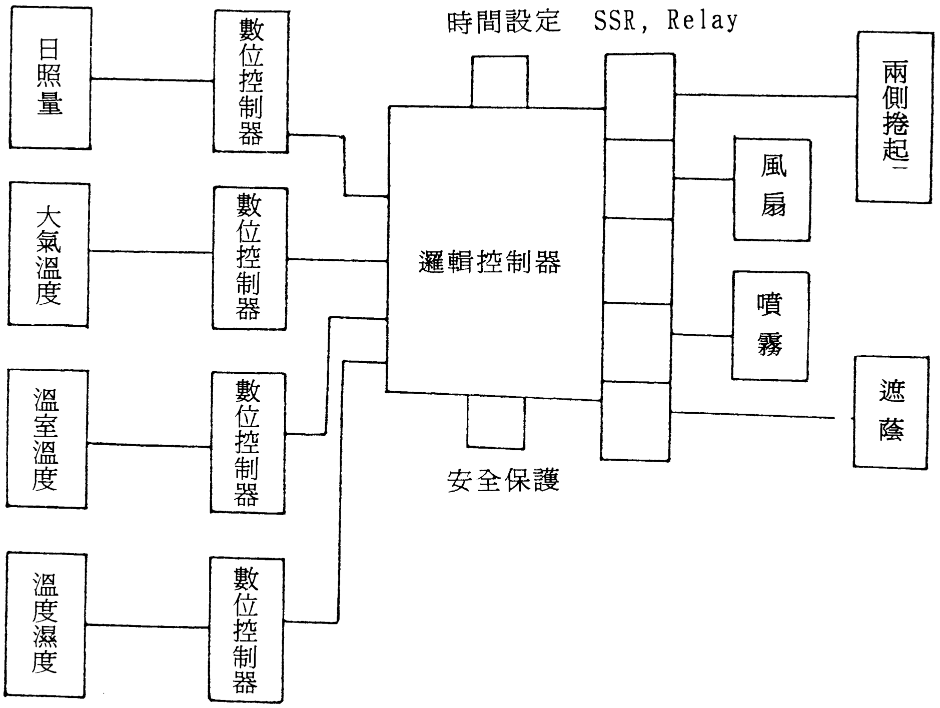
如同溫度之降溫極限，環控設備各有其控制極限，環控系統作業能力僅能在其控制極限內執行，無法超越此極限限制。此研究所用溫室其環控設備係利用噴霧裝置，因此其控溫極限爲低於大氣溫度3℃左右。

(四)控制系統

此研究所開發完成之控制系統，TARI－AEI型，其示意圖如圖二所示，由台北新店森鴻電機公司承製（註）。

控制系統接受溫度，濕度與日照量強度感測器之類比訊號，經由數位控制器轉換爲數位訊號（Digital signal）。數位控制器本身有ＬＣＤ顯示幕以顯示訊號。感測器輸入訊號有四項：大氣乾球溫度，溫室內部溫度，相對濕度與大氣日照強度。日照強度單位爲W ／m^2。在太陽光光譜可見光的範圍下（波長400～700 nm），日照強度（w／m^2）與照度（lux）有比例關系存在，換算公式爲：W/m^2＝107.5lux ，因此使用者可依應用需要加以換算。

控制系統可提供使用者設定四項參數：溫室預定控制溫度，容許溫度上限，溫室內部相對濕度與日照量。容許溫度係指比作物最佳生長溫度更高，但未到達妨害生長之溫度。



圖二 TRAI-AEI 型溫室控制系統

Fig. 2. Diagram of the TARI-AEI greenhouse control system

在傳統單項控制中如以Thermostat 控制風扇開關均未考慮溫室因子日照能量，溫濕度三者之關係，良好的控制系統必須考慮此種交互效應。在此研究所開發之控制系統，感測器輸入的數位訊號與使用者設定條件利用邏輯控制器（logical control device）進行比較。邏輯控制器內之邏輯比較判斷線路之控制迴路係依環境模式之研究結果加以設計，形成一種智慧型的控制策略。控制策略之判別結果再發出命令，經由固態繼電器（SSR），繼電器（Relay）等元件指揮兩側捲起，遮蔭，風扇，噴霧等環控設備。由於環控設備之作用係經由智慧軟體判斷加以控制，因此每次控制作業方式並非完全相同，係依外界環境與設定條件而決定動作。

此種環控控制策略正著手申請專利。

在控制系統之結構主體方面，可進行分散式利用，依其組件分別獨立執行單項環控作業，例如可以以遮蔭控制器單一控制遮蔭網。

㈤環控性能研究

此環控系統利用山型塑膠布溫室進行為期8個月的環控試驗，外在的氣候包括加溫，降溫等不同項目，在逆境情況下有暴雨，強風，長雨季……等。內外環境資料之收集記錄係利用Ling－Shyh型記錄器（ Model LS－ELR－48 ）。

(註)：文中所提及公司名稱僅述明試驗設備之生產工廠，並無忽略其他廠家之意。

四、結果與討論

㈠環控系統性能測試

典型的環控系統其控制性能測試結果如表一。在當日作業條件中，溫室設定條件如下：日照量130 w／m， 氣溫30℃，相對濕度下限60％，由控制結果可知，在溫度控制方面，溫室內部溫度平均值為31.1℃，與設定值30℃之控制離差值（Difference values ）在-2.1～2.5℃ 之間，而其絕對平均離差值為1.36℃。相對濕度之控制方面，均能滿足大於60％之要求，溫室內部日照量亦不高於130 w／m。

㈡遮蔭控制性能

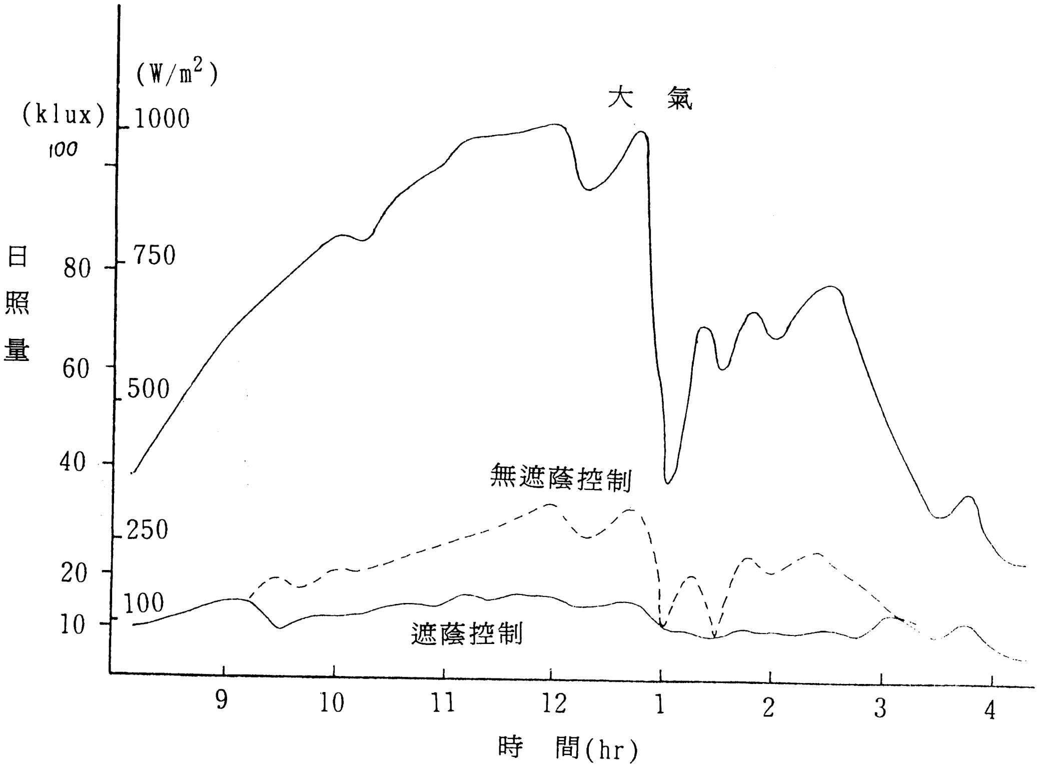
利用環控系統中日照量的控制部份執行溫室內日照量單一項目控制。溫室內部的光強度控制性能以圖三為代表，在無外遮蔭控制時，僅利用內遮蔭網（50％遮蔽率）與塑膠布屋頂（穿透率

表一 環控系統性能試驗

Table 1: Performance test of the environment control system

時	間	大氣溫度	溫室溫度	誤 差 值	溫室溼度	大氣日照量	溫室日照量
時	分	(℃)	(℃)	(℃)	(%RH)	(w/m)	w/m)
8	30	28.5	29.9	-0.1	63.5	420	88
	45	28.7	30.5	0.5	63.1	470	90
9 :	00	28.6	30.0	0.0	65.5	437	127
	15	28.9	30.6	0.6	65.2	323	94
	30	28.9	30.3	0.3	65.1	369	107
	45	29.7	31.6	1.6	59.1	523	118
10 :	00	30.4	31.7	1.7	61.6	527	119
	15	30.4	31.8	1.8	64.6	472	106
	30	30.3	32.7	2.7	68.9	311	75
	45	30.0	31.2	1.2	75.7	381	86
11 :	00	30.3	31.8	1.8	72.4	171	40
	15	28.8	30.3	0.3	90.1	108	25
	30	27.1	29.2	-0.8	92.2	50	20
	45	25.4	28.2	-1.8	95.5	84	20
12 :	00	25.7	29.0	-1.0	85.4	376	85
	15	27.4	31.1	1.1	72.7	791	89
	30	27.1	29.2	-0.2	64.5	965	109
	45	28.2	31.7	1.7	63.5	704	80
13 :	00	28.8	32.2	2.2	64.2	390	105
	15	29.3	32.1	2.1	67.6	630	71
	30	29.4	31.9	1.9	73.6	320	72
	45	29.3	31.4	1.4	78.2	250	57
14 :	00	29.2	30.9	0.9	65.5	191	43
	15	28.8	30.8	0.8	65.4	230	51
	30	28.9	31.4	1.4	64.8	724	89
	45	30.5	32.5	2.5	67.1	416	94
15 :	00	31.1	31.3	1.3	69.2	483	108
	15	30.4	32.5	2.5	70.2	450	101
	30	30.7	32.0	2.0	71.1	353	80
	45	30.1	32.1	2.1	65.2	307	69
16 :	00	29.8	32.1	2.1	66.3	400	90
	15	30.1	31.7	1.7	67.5	378	85
	30	30.2	31.3	1.3	68.5	360	81
	45	30.0	30.6	0.6	70.6	302	68
17 :	00	30.1	30.2	0.2	71.6	276	62

溫室平均溫度：31.1℃，絕對離差平均值：1.36℃



圖三 溫室遮蔭性能

Fig. 3. Shading performance of greenhouse

45％）時，其溫室內部日照量將如圖中虛線所示，其日射量成不均勻分佈。

在以日照強度大於600 w／m 爲控制設定值進行遮蔭網環控作業，控制目標爲12 lux（約100 w／m）時，其控制結果如圖中實線所示，由此可知控制結果，可合乎要求。

㈢溫度控制性能

由溫室環控模式之研究可知，利用溫室兩側塑膠布的啓閉，可以達到適度之增溫。在減少熱累積方面，其制用風扇降溫極限即是接近大氣乾球溫度。

圖四a 之溫室環控溫度條件為29℃，當日最高溫度為28.5℃，因此此為典型之溫室效應應用。由圖中大氣溫度之起伏變化可知海島氣候下溫度之不穩定性。溫室內部溫度經環控設備調整之後其分佈則趨向平緩，最大偏離值出現於正午12時～13時之間，但低於2℃。

圖四b 之溫室內部溫度控制條件為31℃時，與當日大氣溫度比較，亦為加溫與避免熱累積之應用，當日正午時因雲層與小雨使氣溫極劇下降，環控系統在此之控制結果可避免內部溫度受其劇烈影響，內部溫度與大氣溫度之比較結果，環控作業有兩種作用：1. 更接近設定值，2. 溫度變化較為平穩，可利植物成長。

圖四c 之環控試驗中，溫度設定值為32℃，而蒸發冷卻裝置並未運用。當日之大氣溫度出現大於設定溫度之狀態。由於環控設備之極限，溫室內部溫度遠超過設定值。

圖五代表應用間斷式噴霧裝置進行蒸發冷卻以達到降溫效果，利用此方式可使溫室內部溫度低於大氣溫度約1.0～2.0℃。相對濕度則可維持70％以，溫度之實際控制結果與預設目標31℃雖有較大偏離量，但溫室內部之熱累積已大為減少。

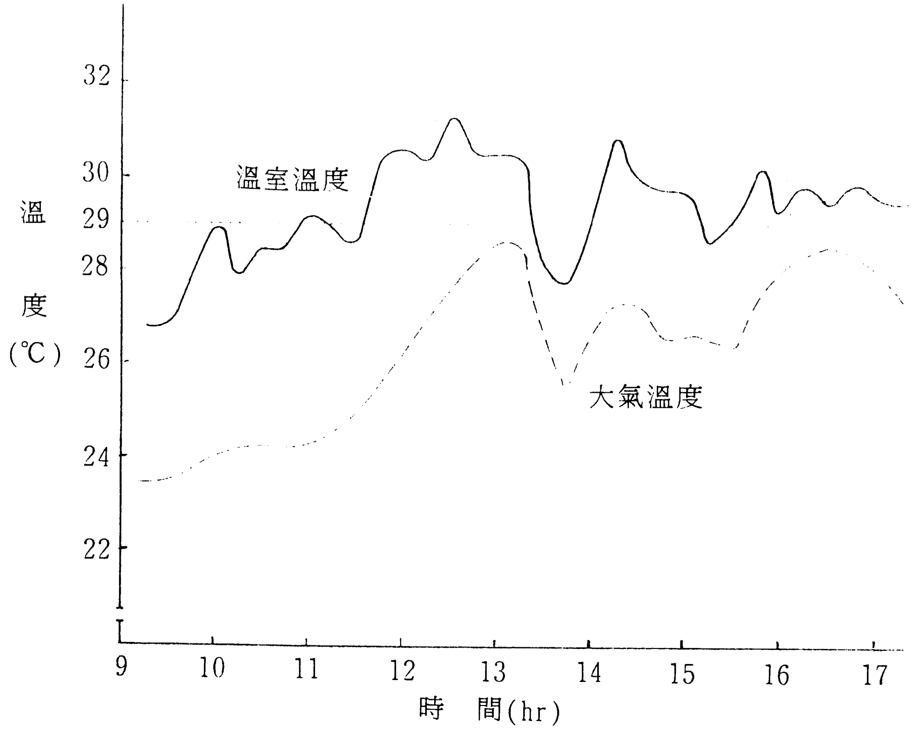
噴霧冷卻性能之影響因子包括噴霧間隔時間，霧粒大小，噴霧量，通風扇風量……等，詳細之性能研究有必要加強執行。

㈣耐久性能

此環控系統共經八個月的長期測試，由使用者設定各種環控條件以進行塑膠布溫室測試，此段期間除例行線路之檢查維護，無任何嚴重損壞。

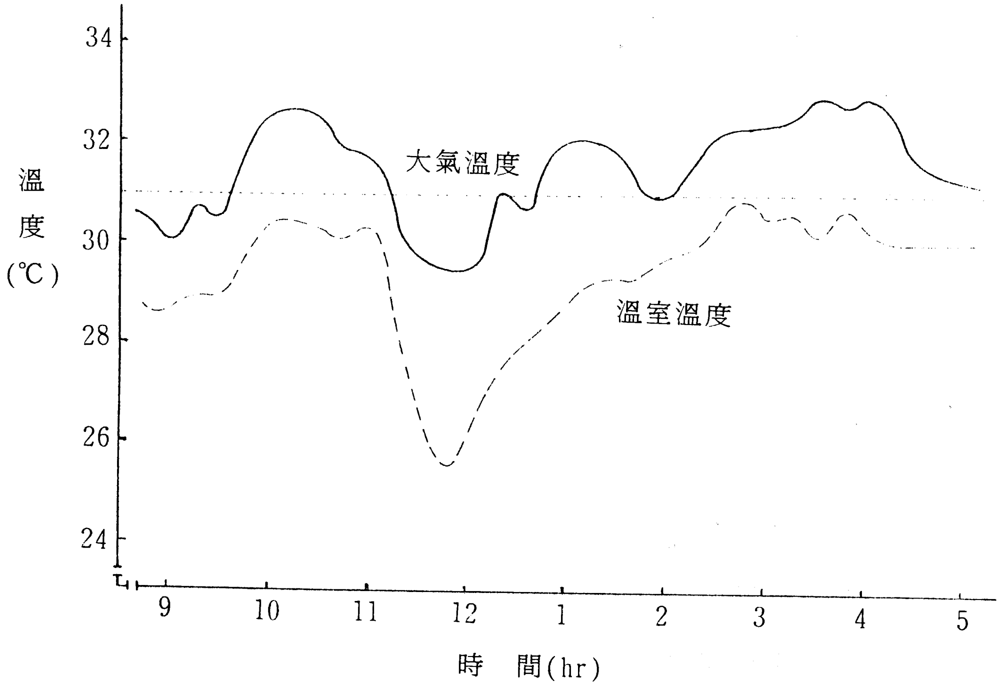
㈤環控系統之擴充能力

此環控系統所指揮的環控設備有兩側捲起，風扇，噴霧與外



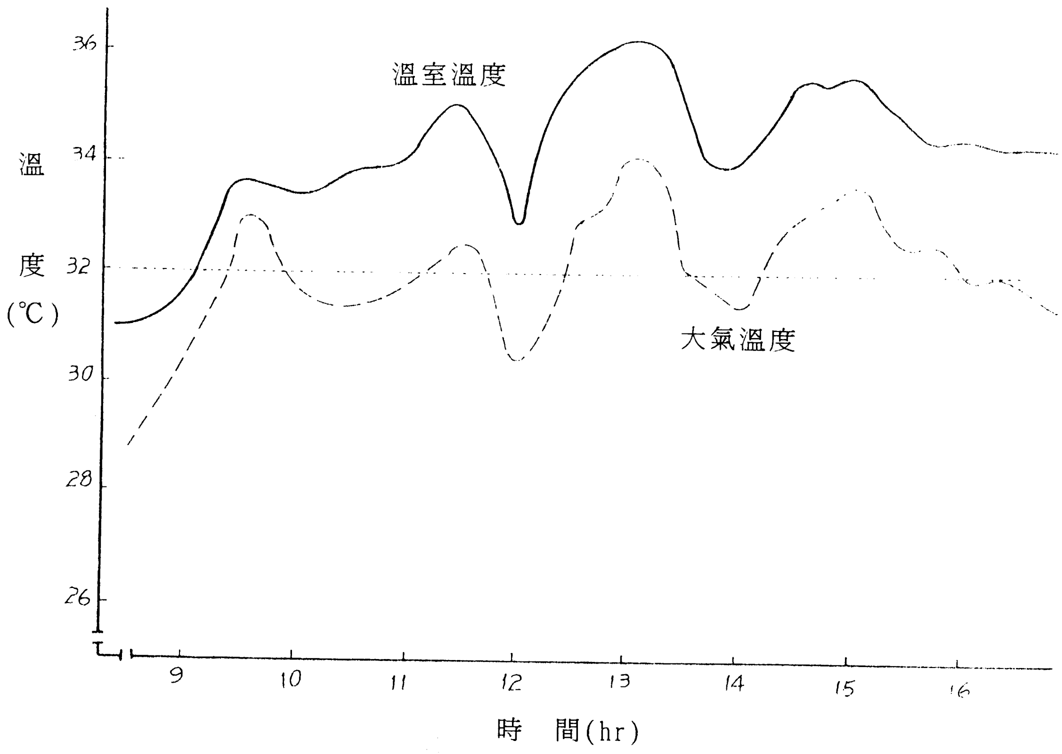
圖四a 溫室溫度控制性能

Fig4a Temperature control performance of greenhouse



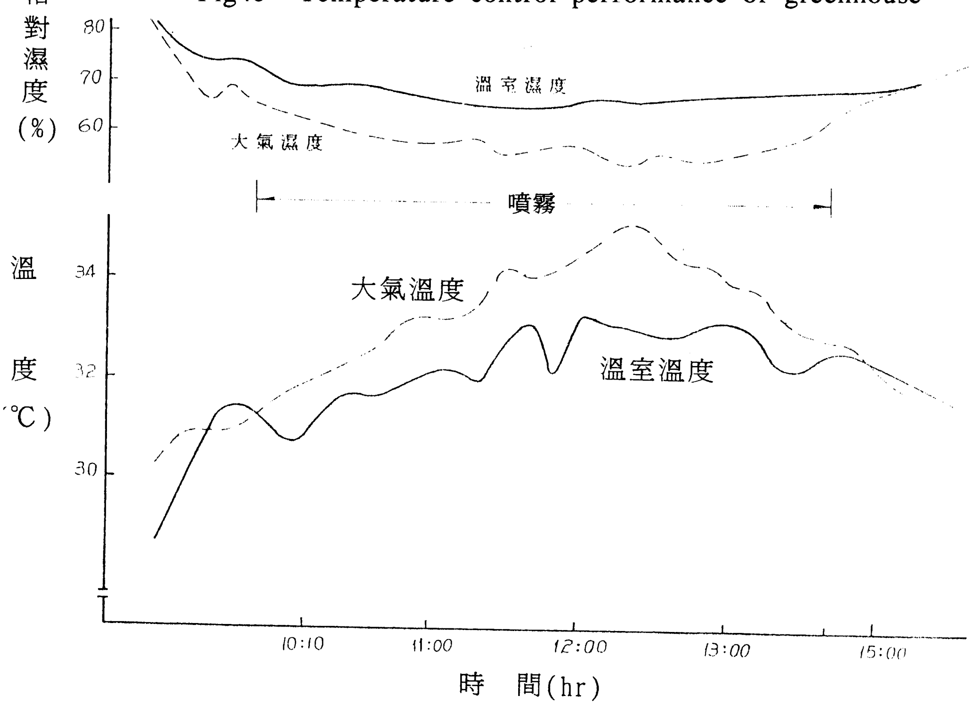
圖四b 溫室溫度控制性能

Fig4b Temperature control performance of greenhouse



圖四c 溫室溫度控制性能

Fig4c Temperature control performance of greenhouse



圖五 噴霧作業性能

Fig5 Performance of misting operation

遮蔭設備。但其環控能力可依環控設備之增設而加以增加。可增設之設備如下：

1.遮蔭網：可增加爲多重遮蔭，以符合不同之環控日照強度要求，日照量之設定可改爲以累計日照量控制。

2.太子樓頂：此爲固定式屋頂開啓設備，可改爲活動式天窗，以增加保溫加熱能力。

3.兩側捲起：可以以多段調整方式，以不同之捲起高度以調整溫室換氣率而進行環控。

4.通 風 扇：可設定風扇調整，以不同通風速率進行環控。

5.噴　　霧：噴霧間隔的時間可加以設定調整，用以執行降溫設定。

6.屋頂洒水：溫室屋頂可加裝洒水裝置，在作業時形成水膜以調整溫室內部光質與日射量。

上述之環控備與相應之環控策略都可以加以設定並擴充於現有之環控系統，更多之環控設備與更複雜之環控策略可使溫室微氣候控制更爲精密，但是使用成本相對提高。

(六)溫室環控之未來展望

針對此研究中環控系統之開發與測試，對國內溫室環控系統之研究有如下之展望。

1.溫室栽培合理化規畫

溫室環控能力受到溫室本身結構，覆蓋材料與溫室所在地區自然氣候與季節變化之限制，環控設備只能在其環控極限之內進行環境控制，而無法超越環控極限，因此利用溫室栽培之前題應是因時因地規畫適合於溫室內部生長之作物，而依作物之生長要求再設計適用之溫室。

2.環控系統之控制性能與使用成本

環控設備愈完備，環控策略愈複雜，在環控極限內所能控制之微氣候則更為精確，但其使用成本則更高，因此環控系統在應用時應結合作物生長之控制需求，並考慮環控之成本。

3.擴充環控系統之應用

此研究開發之環控系統可加以擴充應用至畜產、水產養殖之環境控制，例如噴霧降溫設備即適用於開放式畜舍夏日熱緊迫（ Heat stress）之疏解，在擴大使用範圍時，其成本即可相對之降低。

五、結　　論

此研究之目的在於以國內農民使用之塑膠布溫室為環境控制研究對象，利用本國工業界所提供之技術開發適用本國環境之環控系統。此控制系統能接受外界溫、濕度與日照能量訊號，經邏輯環控電路與設定條件加以比較，判別後決定最適切之控制方式以指揮各種環控設備執行動作。此環控系統經由耐久試驗顯示其控溫精確度於2℃以內，無異常故障情形，其組件可分別執行各單項環控需求。

六、參考文獻

1.林安邦. 1991. 溫室自動化控制與管理系統. 農業生產自動化特刊第一輯 PP.41－48. 農業機械化研究發展中心。

2.游俊明，吳世偉. 1992. 花卉育苗設施環境控制之研究. 桃園－農機－九. 農林廳所屬各場所八十一度度農試驗研究計畫執行成果。

3.高復國，唐棠. 1992. 液體除濕技術於農業溫室應用. 工研院能源

與資源研究所液體除濕技術應用說明會。

4.梁亞忠．郭幸榮．1991・林業溫室條件序控系統之研究．台大實驗林研究報告 5(2):17-30.

5.陳加忠，曹之祖．1990．電子相對濕度計之性能評估．農業工程學報．36(4):79-96.

6.陳加忠．1991a．溫室栽培自動化之展望．農業生產自動化特刊第一輯．P.49-61．農業機械化研究發展中心．

7.陳加忠．1991b．研習種苗生產及溫室栽培自動化報告．

8.陳加忠，陳志昇，黃照明．1992a．溫室環境模式之研究(I)數學模式分析．中華農業研究 41(1):79-89.

9.陳加忠， 陳志昇，黃照明．1992b．溫室環境模式之研究(II)數學模式分析．中華農業研究．41(1):90-114.

10.陳加忠，1992c．農用日照計之性能試驗與評估．中華農業研究．41(2): 216-224.

11.陳加忠，陳志昇．1992d．遮蔭裝置對溫室微氣候影響之研究．中華農業研究.41(3):排印中．

12.陳加忠．1992e．荷蘭溫室之結構與環控設備 ．農業生產自動化特刊第四輯． 農業機械化研究發展中心．

13.黃東瑞.1991．自動控制在農機上的應用－溫室環境自動控制技術簡介．台糖公司訓練中心農機油氣壓訓練班講義。

14.鄭榮瑞．1992．溫室自動化系統之研究(三)・設施園藝之研究與技術開發七十九及八十年度研究成果報告．P.360－366。

15.施設園藝ハンドブワ．1988．日本施設園藝協會

16.Davis, P.F. 1984, Technique of adaptive control of the temperatwe in a greenhouse using ventilater adjustments. JAER 29:241－248.

17.Feuilloley P., Ch. Mekikdjian, F. Sevila. 1990. Static aeration in green-

house, ACTA 281:175 − 182

18. Giacomelli, G.A. 1991. Climate control of greenhouse environment, New Jersey Agricultural Experiment Station Paper NO. 1 − 01310 − 12 − 91, Rutgers University, New Brunswick, N.J. USA.

19. Hooper, A.W. 1986a. Environmental cotrol in the NIAE greenhouses. 1. The microcomputers. DN.1320, National Institute of Agri. Engin. Silsoe, Bedford, U.K.

20. Hooper, A.W. 1986b. Computer control of the environment in the NIAE research greenhouses. 2. Enhancements to the control and monitoring software DN. 1352. National Inatitute of Agri. Engin. Siloe, Bed ford, U.K.

21. Hooper, A.W. 1987. Software for monitoring and controlling the Venlo greenhouses. DN. 1407. AFRC Institute of Engineering Research, Silsoe, Bedford, U.K.

22. Hooper, A.W. 1988. Computer control of the environment in greenhouses, Computers and Electronics in Agiculture 3:11 - 27.

23. Jacobson, B.K., P.H. Jones, J.W. Jones and J.A. Paramore. 1989. Real - time greenhouse monitoring and control with an expert system. Computers and Electronics in Agriculture. 3:273 - 285.

24. Kozai,T. 1985. Ideas of greenhouse climate control based on knowledge engineering techniques. ACTA 174:365 - 373.

25. Matthews, R.B. and R.A. Saffell. 1986. Computer control of humidity in experimental glasshouse. JAER 33:213 - 221.

26. Milanuk, M.J., D.D. Schulte and G.E. Meyer. 1987. Micromputer environmental control and data acquisition system for an alpine greenhouse. ASAE Paper No. 87 - 4024. ASAE. St,Joseph, MI.

27. Nederlands Normalisatie - instituut. 1991. Standads committee 315 37 "Greenhouse".

28. Saffell, R.A. and B. Marshall. 1983. Computer control of air temperature in a glasshouse. JAER 28:469 - 477.

29. Stanghellini, C. and W. TH. M. VAN Meurs. 1992. Environmental control of greenhouse crop transpiratiom. JAER 51:297 - 311.

30. Tantau, H. - J. 1985a. Analysis and synthesis of climate control algorithms. ACTA 174:375 - 380.

31. Tantau, H. - J. 1985b. Greenhouse climate control using mathematical models. ACTA 174:449 - 460.

32. Udink Ten Cate, A.J.. 1987. Analysis and systems of greenhouse climate cintrollers.In:"Computer Application in Agricutural Environmrnts" ed. by J.A. Clark, P.1-18. Butterworths. Pub.

33. Verlodt, H., Ph. Verheye. 1991. Comparision of different systems for static ventilation of hemspheric plastic greenhouse. ACTA 281: 183 - 198.

34. Willitis, D.H., T.K. Karnoski, W.F. Mc Clure. 1980a. A microprcessor - based control system for greenhouse research: I:hardware. Trans of the ASAE 23(3):688-692.

35. Willitis, D.H., T.K. Karnoski, W.F. Mc Clure. 1980b. A microprcessor - based control system for greenhouse research: I:software. Trans of the ASAE 23(3):693-698.